

# GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE NAS ESTRADAS - CASO DE REABILITAÇÃO DA MARGINAL DE OEIRAS A CASCAIS

Bruno Costa<sup>1</sup>, Manuel Pinheiro<sup>2</sup>, Maria João Nunes<sup>3</sup>, Helder Lourenço<sup>4</sup>, Pedro Carvalho<sup>5</sup>, Nuno Cerqueira<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, email: bruno.costa@ist.utl.pt

<sup>2</sup> Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal, email: manuel.pinheiro@ist.utl.pt

<sup>3</sup> Estradas de Portugal, Praça da Portagem, 3º piso, 2809-013 Almada, Portugal

<sup>4</sup> Estradas de Portugal, Praça da Portagem, 3º piso, 2809-013 Almada, Portugal

<sup>5</sup> Estradas de Portugal, Praça da Portagem, 3º piso, 2809-013 Almada, Portugal

<sup>6</sup> HCI / HTecnic, Avenida Almirante Gago Coutinho nº133, 1700-029 Lisboa, Portugal

---

## Sumário

*Uma metodologia foi desenvolvida para identificar o nível de procura da sustentabilidade a uma infraestrutura rodoviária tanto na fase de reabilitação como na fase de operação. Os resultados mostraram que foi possível aplicar ACV com desenvolvimento de valores nos critérios Consumo energético (C7) e Intensidade em carbono (C9) na fase de reabilitação do sistema LiderA. A aplicação à reabilitação da marginal Oeiras Cascais, com várias tipologias de infraestruturas rodoviárias permitiu evidenciar que a metodologia desenvolvida é passível de ser aplicada de forma ajustada. Por outro lado, este trabalho contribui para o posicionamento das obras de reabilitação num desempenho ambiental, destacando as boas práticas.*

---

**Palavras-chave:** Desempenho ambiental; Estradas sustentáveis; Infraestrutura rodoviária; Sistema LiderA; Avaliação do Ciclo de Vida

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a fase da concepção até à fase de desativação as infraestruturas rodoviárias geram impactes ambientais significativos em todo o seu ciclo de vida [1]. Os impactes ambientais estão inseridos nos componentes biofísicos (clima, geologia e geomorfologia, solos e uso do solo, recursos hídricos, componente biológica); qualidade do ambiente (ar, ambiente sonoro, emissões e cargas, resíduos) e socioeconómico (componente social, património, planeamento e ordenamento do território e condicionantes ao uso do solo, paisagem) [2]. Deste modo, é importante para alcançar a sustentabilidade generalizar métodos e técnicas que contribuam para bom desempenho ambiental na construção/reabilitação deste tipo infraestruturas [3].

Neste trabalho desenvolveu-se uma aplicação da metodologia com base no sistema LiderA (sistema de avaliação da sustentabilidade) para infraestruturas rodoviárias, com o objectivo de identificar o nível de procura da sustentabilidade, tanto na fase de reabilitação como na fase de operação, bem como suportar ambientalmente as escolhas e decisões de intervenção.

As principais etapas metodológicas efectuadas consistiram na (1) identificação e revisão dos sistemas de avaliação existentes, (2) revisão das boas práticas ambientais em infraestruturas rodoviárias, (3) avaliação do desempenho, utilizando avaliação de ciclo de vida, (4) construção dos níveis de bom desempenho e a sua tradução em níveis de limiares para aplicar o sistema LiderA (escala numérica de 0 a 10 e classes de G a A++),

com a finalidade de construir uma métrica que permitisse identificar o posicionamento para alcançar a sustentabilidade e (5) testada a sua aplicação num caso de estudo nomeadamente nas obras de reabilitação da Estrada Nacional N°6 que liga Oeiras a Cascais (EN6) [4].

## **2 ESTRADAS ECOLÓGICAS E ESTRADAS SUSTENTÁVEIS**

Na atualidade, o uso de sistemas de avaliação para quantificar os benefícios da sustentabilidade está cada vez mais a aumentar de popularidade, também devido ao facto de existir cada vez mais uma consciencialização ambiental [5]. Por outro lado a expansão urbana de hoje exige aos construtores de estradas uma abordagem na sustentabilidade, de modo a enfrentar uma série de questões sensíveis envolvendo áreas como o ar, solo, água, materiais de construção, uso de energia, biodiversidade, entre outros.

Um sistema de avaliação do desempenho ambiental permite uma atualização das melhores práticas na construção de estradas, de modo a incluir novas tecnologias e *know-how* na mitigação dos impactes ambientais. Este sistema pode avaliar as várias partes do processo de construção das estradas e posteriormente avaliá-lo com base no seu desempenho ambiental. Esta abordagem seria benéfica para a concepção e construção das redes rodoviárias, bem como na manutenção das infraestruturas rodoviárias existentes [6]. Ao incentivar projetos sustentáveis de infraestruturas rodoviárias [7], começa-se a dar passos significativos para conservar nossos recursos naturais, melhorando a qualidade das nossas vidas e reafirmando nosso compromisso com as gerações

Existem várias abordagens para avaliar o desempenho ambiental, desde instrumentos como a avaliação de ciclo de vida, até sistemas de avaliação e ponderação ambiental (ecológicos) como por exemplo os sistemas de avaliação *Greenroads*, CEEQUAL, e mesmo sistemas que consideram o Ambiente (em sentido lato), integrando ambiente, economia e sociedade, como é o caso do LiderA.

### **2.1 Sistema de avaliação *Greenroads***

O sistema de avaliação *Greenroads* tem como base a quantificação das práticas sustentáveis associadas à concepção e construção de estradas. É um sistema de avaliação através da obtenção de créditos para aprovação de práticas sustentáveis que sejam superiores às práticas comuns, resultando num caminho para a certificação de projetos de rodovias baseado no total de créditos obtidos [5].

As *Greenroads* surgiram em 2007 através de um projeto de investigação para avaliar a sustentabilidade das infraestruturas rodoviárias desenvolvido pela Universidade de Washington e a empresa de engenharia CH2M HILL. O sistema de avaliação *Greenroads* está dividido em dois tipos gerais: Requisitos do Projeto e Créditos Voluntários. No mínimo, todos os projectos associados ao sistema de avaliação devem de completar, exclusivamente, os 11 Requisitos do Projeto, de forma a beneficiar de qualquer ponto atribuído nos Créditos Voluntários.

### **2.2 Sistema de avaliação CEEQUAL**

O sistema de avaliação CEEQUAL foi originalmente desenvolvido por uma equipa liderada pela *Institution of Civil Engineers* (ICE), com apoio financeiro do *Development Enabling Fund* [1]. A área de aplicação é bastante larga, dado que é apropriado para qualquer projeto de construção incluindo estradas, caminhos-de-ferro, aeroportos, abastecimento e tratamento de água, centrais térmicas, comércio, entre outros. Com intuito de seguir uma linha de orientação definida desenvolveu-se um manual onde são definidos os critérios, assim como, cerca de 200 perguntas de avaliação dos mais diversos aspectos ambientais [8].

O sistema CEEQUAL baseia-se em modelos económicos e financeiros dos seus clientes com base na avaliação de uma ampla gama de questões ambientais e sociais, incluindo os efeitos da comunidade em geral. Inclui também questões económicas indiretas por meio de um conjunto de questões que abordam áreas como energia, materiais e resíduos podendo influenciar significativamente o resultado financeiro de um projeto [8].

## 2.3 Estradas Sustentáveis e boas práticas

Recentemente, o sector das infraestruturas rodoviárias tem vindo a adotar uma atitude pró-ativa, tendo em conta parâmetros ambientais e socioeconómicos. A política no sector rodoviário está a ser orientada, de uma forma gradual, com base num interesse económico e na adaptação de preocupações sociais. Cada vez mais o princípio de que a infraestrutura é sustentável, está em volta da ideia de ser capaz de enfrentar mudanças que terão um impacto sobre a própria infraestrutura, como é o caso, da durabilidade e a taxa de utilização.

Começou-se a designar Estradas Sustentáveis quando se começam a considerar para além da dimensão ambiental no desempenho, os benefícios sociais [9], nessa abordagem as estradas têm que assegurar um desempenho em cinco grandes áreas (ver Figura 1). No entanto importa considerar também a dimensão económica (como é caso do LiderA).

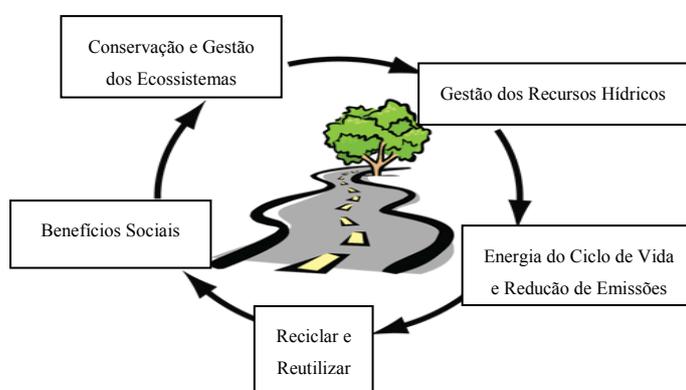


Figura 1- As cinco áreas das estradas sustentáveis [9]

## 3 SISTEMA DE AVALIAÇÃO LIDERA

O sistema LiderA baseia-se no conceito de reposicionar o ambiente na construção, na perspectiva da sustentabilidade, assumindo-se como um sistema para liderar pelo ambiente [10]. O sistema referido é composto por um conjunto de áreas que integram um conjunto de vertentes focadas sobre este tipo de infraestruturas, assim como um conjunto de critérios que especificam os aspectos a considerar em cada área.

Inicialmente, todos os critérios previamente definidos na versão LiderA de base, foram analisados, de forma a procurar um conjunto de indicadores que transformasse esses critérios em mensuráveis. Os indicadores aferidos foram sujeitos a processos de validação e refinamento através de reuniões com os Engenheiros responsáveis pelas obras de reabilitação, de modo os indicadores serem fiáveis. De seguida, procedeu-se à seleção dos critérios que são relevantes tanto na fase de reabilitação das várias infraestruturas intervencionadas, como na fase de operação.

Posteriormente, desenvolveram-se os limiares para cada critério, com base no *benchmarking* e em pesquisa científica. É de notar que consoante o tipo de critérios os limiares podem ser quantitativos ou prescritivos. Após o desenvolvimento dos limiares aferiu-se uma média com recurso ao caso em estudo, de forma a enquadrar esses limiares nas escalas criadas pelo LiderA. Ao longo do decorrer das obras de reabilitação existiu um acompanhamento e verificação no local dos trabalhos de intervenção a fim de se constatar a existência de boas práticas.

Finalmente, com base na construção do quadro em níveis de limiares (classes) procedeu-se à avaliação do desempenho ambiental nas fases de reabilitação e operação, da qual a classe obtida pode possibilitar uma certificação.

## 4 CASO DE ESTUDO

O caso de estudo consistiu nas obras de reabilitação de seis locais distintos na Estrada Nacional N°6 que liga Lisboa a Cascais, nomeadamente, a Ponte sobre a Ribeira do Jamor ao km 1+550 da EN6, os Muros de contenção da plataforma rodoviária na zona da Gibalta desde o km 2+830 ao 3+600, a Passagem Superior ao Caminho-de-ferro ao km 3+600 da EN6, a Passagem Inferior ao km 8+700 da EN6, a Passagem Pedonal ao km 10+660 da EN6 e a Passagem Inferior ao km 11+280 da EN6 [4]. Após a definição das linhas estratégicas para cada critério do sistema, a pesquisa centrou-se no desenvolvimento dos limiares na fase de reabilitação. Neste artigo destaca-se alguns dos critérios em que se efetuou uma Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

### 4.1 Desenvolvimento dos limiares

Os critérios que foram sujeitos a uma Avaliação do Ciclo de Vida são, designadamente, Consumo energético (C7) e Intensidade em carbono (C9). Estes critérios, começaram por ser determinados através da sistematização das etapas do ciclo de vida, e complementados com utilização de Declarações Ambientais de Produto e estudos científicos sobre os vários materiais de construção.

Na abordagem de avaliação do ciclo de vida foram estudadas cinco fases do ciclo de vida. Estas cinco fases consistiram na fase de produção dos materiais, na fase de transporte dos materiais, na fase de transporte dos trabalhadores, na fase de obra, e na fase de fim de vida. Na fase de produção dos materiais considerou-se como fronteira, todos os processos desde a extração das matérias-primas até a obtenção do produto final na fábrica. Os valores consultados nas Declarações Ambientais de Produto referentes aos materiais de construção correspondem às fases *Cradle-to-Gate*.

No presente estudo foram usados dezasseis materiais, nomeadamente, cimento, aço, tubos polietileno de alta densidade (PEAD), resina epoxy, tinta acrílica, madeira, placas metálicas de aço, rede metálica, aparelhos de apoio, betão, guarda-corpos metálicos, areia, rede fibra de vidro, argamassa, emulsão betuminosa e por fim, asfalto. Nas emissões de dióxido de carbono equivalente distinguiu-se os dois tipos de cimento, visto que a percentagem de clínquer difere em ambos. A percentagem de clínquer no cimento de tipo I é entre 95 a 100% e no cimento de tipo II é entre 80 a 94%. Segundo o autor [11] a produção de clínquer é uma relevante fonte de emissões de dióxido de carbono equivalente para a atmosfera no fabrico do cimento. Assim, o cimento de tipo I tem um impacto mais negativo nas emissões de dióxido de carbono equivalente no ambiente do que o cimento de tipo II.

Sobre o meio de transporte os materiais foram transportados por dois tipos de camiões: camião com semi-atreloado com capacidade de transporte de 25 toneladas e outro camião com grua com capacidade de transporte de 12 toneladas.

Assumiu-se dois pressupostos, o primeiro pressuposto reside no facto da variação dos consumos e emissões entre os dois camiões ser cerca de 30%. O segundo pressuposto é que a variação dos consumos e emissões entre o mesmo tipo de camião com carga e de sem carga é de aproximadamente 20%.

Na fase de transporte dos trabalhadores, foi assumido um cenário de referência de modo a estimar os consumos de energia e emissões de dióxido de carbono equivalente relativos à deslocação dos trabalhadores das suas habitações para a obra. Neste cenário salientou-se 4 tipos de meio de transporte, designadamente, de automóvel, autocarro, mota e comboio.

No que respeita à fase de obra, é estudado os consumos de combustível e as emissões de dióxido de carbono equivalente proveniente do funcionamento dos equipamentos usados nos trabalhos de intervenção. Como valor de base foi usado o valor de 226,7 g CO<sub>2</sub>/kWh no ano de referência de 2010 [12].

Por fim, a fase de fim de vida que corresponde ao transporte dos resíduos gerados na obra para aterro foram contabilizados os consumos de combustível e as emissões de dióxido de carbono equivalente.

Nesta avaliação do ciclo de vida, não se considerou na fase de operação o uso pelos veículos, dado que a natureza das obras são de reabilitação de infraestruturas rodoviárias pelo que essa utilização permanece inalterada, ou seja, o Tráfego Médio Diário é praticamente constante antes e após a conclusão das obras.

## 4.2 Unidade Funcional

Para uma melhor compreensão dos dados posteriormente expostos, a unidade funcional considerada para relativizar o desempenho foi metro linear da infraestrutura intervencionada, tendo em conta o seu tipo de perfil, para o período de vida útil acrescida de vinte e cinco anos.

## 4.3 Ponte sobre a ribeira do Jamor

Com base nos estudos científicos sobre os vários materiais utilizados na obra nos valores das Declarações Ambientais de Produtos, obteve-se valores para o Consumo energético (C7) e Intensidade em carbono (C9), 774 MJ ano<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup> e 34 kg CO<sub>2</sub> eq ano<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>, Exemplos dos resultados finais da Energia primária sobre os vários materiais utilizados tendo em conta as quantidades usadas em obra encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1 – Energia primária dos vários materiais relativa à Ponte de Jamor

Material	Unidades	Quantidades usadas em obra	Energia primária [MJ]	Energia primária [MJ ano <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> ]
Cimento Portland (Tipo II)	kg	4.620	22.167	13
Resina epoxy	kg	580	42.920	26
Tinta acrílica	m <sup>2</sup>	2.900	104.284	63
Placas metálicas de aço	kg	51.325	857.127	519
Aparelhos de apoio	kg	1.280	23.040	14
Areia	kg	7.500	208.275	126
Argamassa	kg	7.662	19.615	12
<b>Total</b>			<b>1.277.428</b>	<b>774</b>

Da análise do Quadro 1 no que respeita à contribuição dos diferentes materiais tendo em conta as quantidades usadas em obra no consumo de energia primária constata-se que a maior percentagem corresponde às placas metálicas de aço, seguida da areia. Nesta reabilitação da Ponte sobre a ribeira do Jamor foram reincorporados a totalidade dos resíduos, desta forma a fase de fim de vida foi suprimida. No quadro seguinte são apresentados os resultados finais das várias fases da Avaliação do Ciclo de Vida, destacando-se a fase de produção como a que maior contribui para a Energia primária total.

Quadro 2- Fases da ACV na energia primária total relativas à Ponte de Jamor

Fase	Energia primária [MJ]	Energia primária [MJ ano <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> ]
Produção	1.277.428	774
Transporte dos materiais	69.232	42
Transporte dos trabalhadores	6.669	4
obra	51.293	31
<b>Total</b>	<b>1.404.622</b>	<b>851</b>

No que se refere ao critério Intensidade em carbono (C9), os resultados finais das emissões de dióxido de carbono equivalente sobre os vários materiais utilizados tendo em conta as quantidades usadas em obra encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3- Emissões de dióxido de carbono equivalente dos vários materiais relativas à Ponte de Jamor

Material	Unidades	Quantidades usadas em obra	Emissões CO <sub>2</sub> eq [kg CO <sub>2</sub> eq]	Emissões CO <sub>2</sub> eq [kg CO <sub>2</sub> eq ano <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> ]
Cimento Portland (Tipo II)	kg	4.620	2.934	2
Resina epoxy	kg	580	870	1
Tinta acrílica	m <sup>2</sup>	2.900	1,807	1
Placas metálicas de aço	kg	51.325	47.378	29
Aparelhos de apoio	kg	1.280	1.391	1
Areia	kg	7.500	395	0,2
Argamassa	kg	7.662	2.145	1
<b>Total</b>			<b>56.920</b>	<b>34</b>

É possível constatar (Quadro 3) que a maior percentagem corresponde às placas metálicas de aço a par do que se sucede na energia primária, seguida do cimento. No Quadro 4 são apresentados os resultados finais das várias fases da Avaliação do Ciclo de Vida, destacando-se a fase de produção como a que maior contribui para as emissões totais de dióxido de carbono equivalente.

Quadro 4- Fases da ACV nas emissões totais de dióxido de carbono equivalente relativas à Ponte de Jamor

	Emissões CO <sub>2</sub> eq [kg CO <sub>2</sub> eq]	Emissões CO <sub>2</sub> eq [kg CO <sub>2</sub> eq ano <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> ]
Fase de produção	56.920	34
Fase de transporte dos materiais	3.702	2
Fase de transporte dos trabalhadores	1.300	1
Fase de obra	4.195	3
Total	<b>66.116</b>	<b>40</b>

Relativizando os resultados em valor absoluto obtidos nas emissões de dióxido de carbono equivalente, é possível verificar que essas emissões das obras de reabilitação da Ponte sobre a ribeira do Jamor são equivalente às emissões de dióxido de carbono produzidas por 26 automóveis no caso de percorrem 20 000 kms por ano com uma emissão média de CO<sub>2</sub> kg CO<sub>2</sub>/km de 0,13.

#### 4.4 Muros de contenção na zona de Gibalta

No que respeita aos Muros de contenção na zona de Gibalta os valores obtidos nos critérios de Consumo energético (C7) e Intensidade em carbono (C9) foram 731 MJ ano<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup> e 7 kg CO<sub>2</sub> eq ano<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>, respetivamente. Quanto à contribuição dos diferentes materiais tendo em conta as quantidades usadas em obra no consumo de

energia primária verifica-se que a maior percentagem corresponde à areia, seguida do cimento Portland. No quadro seguinte são apresentados os resultados finais das várias fases da Avaliação do Ciclo de Vida, destacando-se novamente a fase de produção como a que maior contribui para a Energia primária total, seguida da fase de obra.

Quadro 5- Fases da ACV na Energia primária total relativas aos Muros de Gibalta

	<b>Energia primária [MJ]</b>	<b>Energia primária [MJ ano<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>]</b>
Fase de produção	16.273.133	731
Fase de transporte dos materiais	46.019	2
Fase de transporte dos trabalhadores	54.171	2
Fase de obra	155.300	7
Fase de fim de vida	2.592	0,1
<b>Total</b>	<b>16.531.215</b>	<b>743</b>

No critério Intensidade em carbono (C9), os resultados finais das emissões de dióxido de carbono equivalente sobre os vários materiais utilizados tendo em conta as quantidades usadas em obra encontram-se no quadro abaixo.

Quadro 6- Emissões de dióxido de carbono equivalente dos vários materiais relativas aos Muros de Gibalta

<b>Material</b>	<b>Unidades</b>	<b>Quantidades usadas em obra</b>	<b>Emissões CO<sub>2</sub> eq [kg CO<sub>2</sub> eq]</b>	<b>Emissões CO<sub>2</sub> eq [kg CO<sub>2</sub> eq ano<sup>-1</sup>m<sup>-1</sup>]</b>
Cimento Portland (Tipo I)	kg	11.550	10.383	0,47
Cimento Portland Calcário (Tipo II)	kg	126.720	80.467	3,62
Aço	kg	1.600	2.688	0,12
Tubos de PEAD	m	1.050	298	0,01
Resina epoxy	kg	70	105	0,005
Tinta acrílica	m <sup>2</sup>	7.000	5.962	0,27
Madeira	m <sup>3</sup>	10	259	0,01
Guarda-corpos metálicos	m	105	1.369	0,06
Areia	kg	540.780	28.450	1,28
Rede de fibra de vidro	m <sup>2</sup>	7.000	3.786	0,17
Argamassa	kg	60.123	16.834	0,76
<b>Total</b>			<b>150.603</b>	<b>7</b>

Da análise do Quadro 6 que diz respeito à contribuição dos diferentes materiais tendo em conta as quantidades usadas em obra nas emissões de dióxido de carbono equivalente constata-se que a maior percentagem corresponde ao Cimento Portland (Tipo II), seguido da Areia.

No quadro seguinte são apresentados os resultados finais das várias fases da Avaliação do Ciclo de Vida, destacando-se a fase de produção como a que maior contribui para as emissões totais de dióxido de carbono equivalente, seguido da fase de obra.

Quadro 7- Fases da ACV nas emissões de dióxido de carbono (percentagem) relativas aos Muros de Gibalta

	Emissões CO <sub>2</sub> eq [kg CO <sub>2</sub> eq]	Emissões CO <sub>2</sub> eq [kg CO <sub>2</sub> eq ano <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> ]
Fase de produção	150.603	7
Fase de transporte dos materiais	2.461	0,1
Fase de transporte dos trabalhadores	11.296	0,5
Fase de obra	13.360	0,6
Fase de fim de vida	139	0,01
<b>Total</b>	<b>177.858</b>	<b>8</b>

Sobre a relativização dos resultados em valor absoluto obtidos nas emissões de dióxido de carbono equivalente, é possível constatar que essas emissões das obras de reabilitação dos Muros de contenção da plataforma na zona de Gibalta são equivalente às emissões de dióxido de carbono produzidas por 69 automóveis no caso de percorrem 20 000 kms por ano com uma emissão média de CO<sub>2</sub> kg CO<sub>2</sub>/km de 0,13.

Com base nessa análise e nos limiares desenvolvidos, para cada intervenção foram classificados os níveis de desempenho quanto ao Consumo energético (C7) e Intensidade em carbono (C9). No caso dos muros de Gibalta neste parâmetros encontram-se em cerca de 50 % superior à prática de referência pelo que são uma classe A do LiderA. A mesma lógica foi aplicada aos diferentes critérios da energia, água e materiais, tendo-se obtido assim a classificação que se ilustra no quadro seguinte.

Quadro 8- Exemplo da classificação Recursos: Áreas e critérios de base considerados nos Muros de Gibalta

VERTENTES	ÁREA	Wi	Pre-Req.	CRITÉRIO	N°C	DESEMPENHO AMBIENTAL ATINGIDO
RECURSOS	ENERGIA	18%	S	Baixas Necessidades	C7	A
				Equipamentos Eficientes	C8	A
				Intensidade em Carbono	C9	A
	ÁGUA	9%	S	Consumo de água potável	C10	A
				Gestão das águas locais	C11	A
	MATERIAIS	5%	S	Durabilidade	C12	A
				Materiais locais	C13	C
				Materiais de baixo impacte	C14	C
8 Critérios						
32%						

#### **4.5 Outros aspetos considerados para a sustentabilidade**

Para além dos parâmetros referidos a avaliação abrangeu um conjunto alargado substancialmente mais alargado parâmetros tais como referenciados pelo LiderA, envolvendo o desempenho nas áreas da integração local (Solo, ecossistemas naturais, património e paisagem, recursos já referenciados parcialmente no quadro 8, abrangendo água e materiais), cargas ambientais (efluentes, emissões, resíduos, ruído), contributo para a acessibilidade (tipo de mobilidade induzida e condições de acesso), vivências socioeconómicas (diversidade económica, participação e controlo, custos no ciclo de vida) e uso sustentável (gestão ambiental e inovação).

Esta lógica permite assim ter uma visão mais integrada e uma perspectiva ponderada da procura da sustentabilidade, conjugando aspectos ambientais (em sentido estrito) com aspetos socioeconómicos e sociais, potenciando assim uma procura equilibrada de intervenções e desempenho.

### **5 CONCLUSÕES**

Neste trabalho desenvolveu-se uma aplicação da metodologia com base no sistema LiderA (sistema de avaliação da sustentabilidade) para infraestruturas rodoviárias, com o objectivo de identificar o nível de procura da sustentabilidade, tanto na fase de reabilitação como na fase de operação, bem como suportar ambientalmente as escolhas e decisões de intervenção.

As principais etapas metodológicas efectuadas consistiram na (1) identificação e revisão dos sistemas de avaliação existentes, (2) revisão das boas práticas ambientais em infraestruturas rodoviárias, (3) avaliação do desempenho, utilizando avaliação de ciclo de vida, (4) construção dos níveis de bom desempenho e a sua tradução em níveis de limiares para aplicar o sistema LiderA (escala numérica de 0 a 10 e classes de G a A++), com a finalidade de construir uma métrica que permitisse identificar o posicionamento para alcançar a sustentabilidade e (5) testada a sua aplicação num caso de estudo nomeadamente nas obras de reabilitação da Estrada Nacional N°6 que liga Oeiras a Cascais (EN6) [4].

O caso analisado foi a reabilitação de seis infraestruturas rodoviárias na Estrada Nacional N°6 (EN6) entre Lisboa e Oeiras, que teve como promotor (do projeto e deste estudo) as Estradas de Portugal (EP) e como empresa de construção a HCI / HTecnic. Os locais de intervenção foram designadamente a Ponte sobre a Ribeira do Jamor, os Muros de contenção da plataforma rodoviária na zona da Gibalta, a Passagem Superior ao Caminho-de-Ferro, duas Passagens Inferiores e a Passagem Pedonal

A aplicação ao caso em estudo abrangia a aplicação a várias tipologias de infraestruturas, nomeadamente, uma ponte, pavimentos, muros de contenção, passagem superior, passagens inferiores e passagem pedonal.

Uma das etapas metodológicas aplicava a abordagem de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), num conjunto de critérios do LiderA. Esta comunicação evidencia as abordagens efectuadas de desenvolvimento de valores nos critérios Consumo energético (C7) e Intensidade em Carbono (C9) para estas obras da fase de reabilitação segundo o Sistema LiderA.

Com base na ACV realizada nas seis infraestruturas intervencionadas, não considerando a fase de operação, conclui-se que a fase que mais contribui para o consumo de energia e para emissões de CO<sub>2</sub> é a fase de produção dos materiais (por exemplo as emissões de carbono na fase de obra da Ponte do Jamor corresponderam a 66 117 kg CO<sub>2</sub> eq e a produção dos materiais é de 86.1 %). A seguir à fase produção, a fase de obra (6,3 % no caso referido) e a fase transporte dos materiais (5,6 %) e do transporte dos trabalhadores (2,0 %) são as que têm mais expressão nos consumos e emissões.

A aplicação foi concretizada em fase de obra, embora havendo evidências de recomendações a ser desenvolvidas e integradas no projeto (exemplo: inclusão de resíduos a reutilizar nos muros de contenção e numa ponte) o que mostra a potencialidade de aplicação no projeto, bem como evidencia que a metodologia é passível de ser aplicada de forma ajustada a qualquer tipologia de infraestrutura rodoviária e nas suas diferentes fases.

Refira-se que esta aplicação serve de base para a elaboração de trabalhos futuros, aprofundando os temas abordados e melhorando o método de avaliação tendo em conta as tecnologias futuras. Por outro lado, também

pode servir de base para outro tipo de estudos, dado que os resultados de índole quantitativa proporcionam a oportunidade de estimar os impactes ambientais gerados na reabilitação e construção de outras infraestruturas rodoviárias, contribuindo para redução e gestão dos mesmos.

Como contributos de esta abordagem é de salientar a análise do caso de estudo na fase de serviço para a comunidade, bem como na gestão ambiental de obras concretas de reabilitação de infraestruturas rodoviárias que melhorem o seu desempenho na procura da sustentabilidade. Esta avaliação possibilita obter uma visão global sobre os impactes gerados no aspecto ambiental, social e económico pelas atividades que decorrem das obras de reabilitação.

Na procura da sustentabilidade é importante que sejam desenvolvidas esta abordagem integradora e a sua aplicação sistemática, bem como as novas tecnologias possibilitem a optimização de processos de forma a reduzir os impactes ambientais gerados na produção dos materiais. Sendo de destacar as novas tecnologias possibilitem a optimização de processos de forma a reduzir os impactes ambientais gerados na produção dos materiais. Por outro lado na fase de obra a escolha de equipamentos mais eficientes pode traduzir-se numa redução nos consumos. Em relação à fase de transporte dos materiais deve-se fazer um esforço e dar prioridade na escolha de materiais locais ou nacionais para encurtar distâncias, contribuir para dinamização da economia local e assim minimizar de uma forma significativa os impactes gerados.

## 6 Referências

1. M. Pinheiro. Ambiente e Construção Sustentável. Instituto do Ambiente, Amadora 2006, pp75.
2. M. Pinheiro. *Guia Técnico para a elaboração de Estudos no âmbito da Avaliação de Impacte Ambiental de Infra-estruturas Rodoviárias*. Lisboa, 2011a, pp 106.
3. EURF- European Union Road Federation. *Sustainable roads and optimal mobility*. Bruxelas, 2009, pp14.
4. C. Ramos. *Empreitada da EN6- obras de reabilitação e reforço*. Lisboa, 2010, pp 9.
5. S. Muench, e J. Anderson. *Greenroads: A sustainability performance metric for roadway design and construction*. University of Washington, Washington, 2009, pp 4.
6. Gardner. Paving the way for Green Roads. [Citação: 2008] Acedido em Setembro de 2011 <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/02/080221114244.htm>
7. A. Glynn. *The Importance of Green Roads*. New York State Department of Transportation, 2009.
8. CEEQUAL. *Scheme Description and Assessment Process Handbook - Version 4*, 2008, pp 15.
9. J. Bryce. *Developing Sustainable Transportation Infrastructure*. University of Missouri, Missouri, 2008, pp 22.
10. M. Pinheiro. *LiderA- Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos*. Lisboa, 2011b, pp 8. ([www.lidera.info](http://www.lidera.info))
11. V. Henriques. *Impacte Ambiental de estruturas de edifícios- produção de CO2*. IST, Lisboa, 2011, pp 49.
12. EDP - Energia de Portugal. [Citação: 2010] Acedido em Janeiro de 2011. <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>